

(19)

**JAPANESE PATENT OFFICE**

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **09129925 A**

(43) Date of publication of application: 16.05.97

(51) Int. Cl.

**H01L 33/00**  
**H01L 21/20**  
**H01L 21/203**  
**H01L 21/205**  
**H01S 3/18**

(21) Application number: **07308251**

(22) Date of filing: 31.10.95

(71) Applicant: **TOYODA GOSEI CO**  
**LTDAKASAKI ISAMU AMANO**  
**HIROSHI**

(72) Inventor: **YAMAZAKI SHIRO**  
**NAGAI SEIJI**  
**KOIKE MASAYOSHI**  
**AKASAKI ISAMU**  
**AMANO HIROSHI**

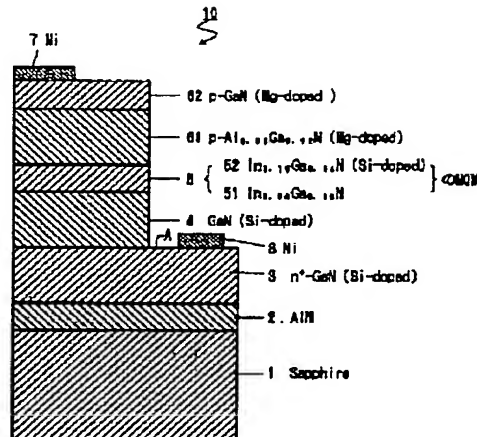
(54) III GROUP NITRIDE SEMICONDUCTOR ELEMENT

(57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To improve the performance and production rate of an element made of a III group nitride semiconductor.

**SOLUTION:** A semiconductor element comprises a substrate 1, buffer layer 2 formed on the substrate 1, III group nitride semiconductor-made base layer 3 formed on the layer 2, and III group nitride semiconductor element layers 4, 5, 61, 62 formed on the base layer 3. The layer 3 is formed by the metal organic compd. vapor phase epitaxial growth method and the layer 4, 5, 61, 62 are formed by the molecular beam epitaxial growth method.

COPYRIGHT: (C)1997,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

# (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-129925

(43) 公開日 平成9年(1997)5月16日

(51) Int. Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H01L 33/00			H01L 33/00	C
21/20			21/20	
21/203			21/203	M
21/205			21/205	
H01S 3/18			H01S 3/18	
審査請求 未請求 請求項の数 6 F D (全5頁)				

(21) 出願番号 特願平7-308251

(22) 出願日 平成7年(1995)10月31日

(71) 出願人 000241463

豊田合成株式会社

愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑 1  
番地

(71) 出願人 591014949

赤崎 勇

愛知県名古屋市西区浄心 1 丁目 1 番 38-80  
5

(71) 出願人 591014950

天野 浩

愛知県名古屋市名東区山の手 2 丁目 104  
宝マンション山の手 508 号

(74) 代理人 弁理士 藤谷 修

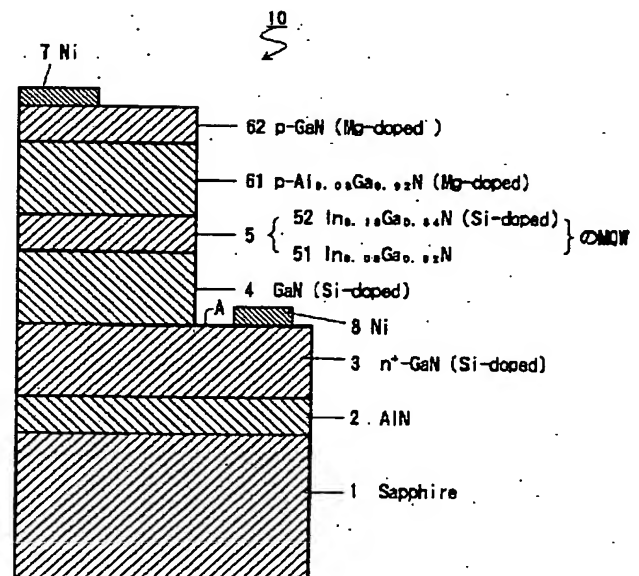
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 3 族窒化物半導体素子

(57) 【要約】

【課題】 3 族窒化物半導体を用いた素子を高性能化し製造速度を向上させる。

【解決手段】 基板 1 と基板 1 上に形成されたバッファ層 2 とそのバッファ層 2 上に形成された 3 族窒化物半導体から成る基底層 3 とその基底層 3 上に形成された 3 族窒化物半導体から成る素子層 4, 5, 6 1, 6 2 とを有する半導体素子 1 0 において、基底層 3 を有機金属化合物気相成長法(MOVPE) により形成し、素子層 4, 5, 6 1, 6 2 を分子線エピタキシー法(MBE) により形成した。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】基板と基板上に形成されたバッファ層とそのバッファ層上に形成された3族窒化物半導体から成る基底層とその基底層上に形成された3族窒化物半導体から成る素子層とを有する半導体素子において、前記基底層は有機金属化合物気相成長法(MOVPE)により形成された層であり、前記素子層は分子線エビタキー法(MBE)により形成された層であることを特徴とする3族窒化物半導体素子。

【請求項2】前記基底層は2 $\mu$ m以上の厚さに形成されていることを特徴とする請求項1に記載の3族窒化物半導体素子。

【請求項3】前記基底層はGaNから成り前記素子層は3族窒化物半導体から成る少なくともp層とn層とを有した発光素子を形成していることを特徴とする請求項2に記載の3族窒化物半導体素子。

【請求項4】前記素子層はp層とn層とその間に介在する量子井戸構造の発光層とから成ることを特徴とする請求項2に記載の3族窒化物半導体素子。

【請求項5】前記基板はサファイア基板であることを特徴とする請求項3に記載の3族窒化物半導体素子。

【請求項6】前記バッファ層はAlNであるあることを特徴とする請求項3に記載の3族窒化物半導体素子。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、結晶性の良い素子層を高い成長速度で得るようにした半導体素子に関する。

【0002】

【従来技術】従来、サファイア基板上にバッファ層を形成して、そのバッファ層上にGaNから成る基底層を厚さ2～3 $\mu$ mに形成し、その基底層上にAlGaInNから成るヘテロ接合の発光層を形成した発光素子が知られている。この発光素子の各層の形成は有機金属化合物気相成長法(MOVPE)により形成されている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】一方、薄膜の成長方法に膜厚の制御性の良い分子線エビタキー法(MBE)が知られている。本発明者らは、上記構造の発光素子を分子線エビタキー法(MBE)で形成した。しかし、基底層の厚さは2～3 $\mu$ m必要であり、この厚さの基底層をMBEで成長させるには長時間要した。又、素子の製造速度を向上させるためには、この厚さの基底層の成長速度を速くする必要があるが、その成長速度を速くすると、基底層の結晶性が低下し、従って、基底層の上に形成される発光層の結晶性も低下した。その結果、発光輝度の高い素子は得られなかった。

【0004】本発明は上記課題を解決するために成されたものであり、その目的は、性能の高い素子を高速で得られるようにすることである。

【0005】

【課題を解決するための手段】本発明は、基底層を有機金属化合物気相成長法(MOVPE)により形成し、素子層を分子線エビタキー法(MBE)により形成したことを特徴とする。このことにより、基底層を結晶性良く高速度で形成することができる。その結果、結晶性の高い基底層の上に形成される素子層の結晶性も高くなり、その成膜がMBEで行われるために膜厚の制御性も高くなり、高性能の素子を高速度で得ることができる。

【0006】又、請求項2の発明は基底層を厚さ2 $\mu$ m以上に形成したものであるもので、基底層及びその上に形成される素子層の結晶性を良くすることができる。さらに、請求項3、4、5、6の発明により、発光出力の高い発光ダイオード、レーザを得ることができる。

【0007】

## 【発明の実施の形態】

## 第1実施例

図1において、発光ダイオード10は、サファイア基板1を有しており、そのサファイア基板1上に500 $\text{\AA}$ のAlNのバッファ層2が形成されている。そのバッファ層2の上には、順に、膜厚約2.0 $\mu$ m、電子濃度 $2 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ のシリコンドープGaNから成る高キャリア濃度n'層3、膜厚0.10 $\mu$ m、電子濃度 $2 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ のシリコンドープのGaNから成るn層4、全膜厚約0.07 $\mu$ mのInGaNの多重量子井戸から成る発光層5、膜厚約0.2 $\mu$ m、ホール濃度 $5 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ 、濃度 $1 \times 10^{19}/\text{cm}^3$ にマグネシウムがドープされた $\text{Al}_{0.98}\text{Ga}_{0.02}\text{N}$ から成るp層61、膜厚約0.2 $\mu$ m、ホール濃度 $7 \times 10^{17}/\text{cm}^3$ 、マグネシウム濃度 $2 \times 10^{20}/\text{cm}^3$ のマグネシウムドープのGaNから成るコンタクト層62が形成されている。そして、コンタクト層62上にはその層62に接合するNiから成る電極7が形成されている。さらに、高キャリア濃度n'層3の表面の一部は露出しており、その露出部上にその層3に接合するNiから成る電極8が形成されている。尚、n'層3は基底層であり、n層4、発光層5、p層61、コンタクト層62が素子として機能する素子層である。

【0008】次に、この構造の発光ダイオード10の製造方法について説明する。上記発光ダイオード10のバッファ層2と高キャリア濃度n'層3とは、有機金属化合物気相成長法(以下「MOVPE」と記す)による気相成長により製造された。MOVPEで用いられたガスは、 $\text{NH}_3$ とキャリアガス $\text{H}_2$ 又は $\text{N}_2$ とトリメチルガリウム( $\text{Ga}(\text{CH}_3)_3$ ) (以下「TMG」と記す)とトリメチルアルミニウム( $\text{Al}(\text{CH}_3)_3$ ) (以下「TMA」と記す)とシラン( $\text{SiH}_4$ )である。

【0009】まず、有機洗浄及び熱処理により洗浄したa面を主面とする厚さ100～400 $\mu$ mの単結晶のサファイア基板1をMOVPE装置の反応室に載置されたサセプタに装着する。次に、常圧で $\text{H}_2$ を流速2 liter/分で反応室に流しながら温度1100 $^{\circ}\text{C}$ でサファイア基板1を気相エッ

チングした。

【 0 0 1 0 】次に、温度を 400℃まで低下させて、 $H_2$  を 20 liter/分、 $NH_3$  を 10 liter/分、TMA を  $1.8 \times 10^{-4}$  モル/分で供給して AlN のバッファ層 2 が約 500 Å の厚さに形成された。次に、サファイア基板 1 の温度を 1000℃に保持し、 $H_2$  を 20 liter/分、 $NH_3$  を 10 liter/分、TMG を  $1.7 \times 10^{-4}$  ル/分、 $H_2$  ガスにより 0.86ppm に希釈されたシランを  $20 \times 10^{-8}$  mol/分で 30 分供給して、膜厚約 2 μm、電子濃度  $2 \times 10^{18}$  /cm<sup>3</sup> のシリコンドープの GaN から成る高キャリア濃度  $n^+$  層 3 を形成した。

【 0 0 1 1 】次に、上記の層の積層の完了した基板を MBE 装置内に取り付けた。サファイア基板 1 の温度を 660℃に保持し、成長速度 0.2 μm/h で、膜厚約 0.1 μm、濃度  $2 \times 10^{18}$  /cm<sup>3</sup> にシリコンが添加された GaN から成る  $n$  層 4 を形成した。

【 0 0 1 2 】その後、サファイア基板 1 の温度を 660℃に保持し、成長速度 0.1 μm/h で、膜厚約 10nm の  $In_{0.15}Ga_{0.85}N$  から成るバリア層 5 1 を形成した。次に、サファイア基板 1 の温度を同一に保持して、成長速度 0.1 μm/h で、膜厚約 10nm の  $In_{0.15}Ga_{0.85}N$  から成るシリコンが  $5 \times 10^{18}$  /cm<sup>3</sup> の濃度に添加された井戸層 5 2 を形成した。このような手順の繰り返しにより、図 2 に示すように、バリア層 5 1 と井戸層 5 2 とを交互に、4 層と 3 層だけ積層した多重量子井戸構造で、全体の厚さ 70nm の発光層 5 を形成した。

【 0 0 1 3 】続いて、温度を 660℃に保持し、成長速度 0.2 μm/h で膜厚約 0.2 μm のマグネシウム (Mg) ドープの  $Al_{0.95}Ga_{0.05}N$  から成る p 層 6 1 を形成した。p 層 6 1 のマグネシウムの濃度は  $5 \times 10^{19}$  /cm<sup>3</sup> であり、ホール濃度は  $2 \times 10^{18}$  /cm<sup>3</sup> である。

【 0 0 1 4 】続いて、温度を 660℃に保持し、成長速度 0.2 μm/h 膜厚約 0.2 μm のマグネシウム (Mg) ドープの GaN から成るコンタクト層 6 2 を形成した。コンタクト層 6 2 のマグネシウムの濃度は  $5 \times 10^{19}$  /cm<sup>3</sup> であり、ホール濃度は  $3 \times 10^{18}$  /cm<sup>3</sup> である。

【 0 0 1 5 】このようにして、図 2 に示す断面構造のウエハが得られた。次に、図 3 に示すように、コンタクト層 6 2 の上に、スパッタリングにより  $SiO_2$  層 9 を 2000 Å の厚さに形成し、その  $SiO_2$  層 9 上にフォトリソスト 10 を塗布した。そして、フォトリソグラフにより、図 3 に示すように、コンタクト層 6 2 上において、高キャリア濃度  $n^+$  層 3 に対する電極形成部位 A' のフォトリソスト 10 を除去した。次に、図 4 に示すように、フォトリソスト 10 によって覆われていない  $SiO_2$  層 9 をフッ化水素酸系エッチング液で除去した。

【 0 0 1 6 】次に、フォトリソスト 10 及び  $SiO_2$  層 9 によって覆われていない部位のコンタクト層 6 2、p 層 6 1、発光層 5、 $n$  層 4 を、真空度 0.04 Torr、高周波電力 0.44 W/cm<sup>2</sup>、 $BCl_3$  ガスを 10 ml/分の割合で供給しドライエッチングした後、Ar でドライエッチングした。この工

程で、図 5 に示すように、高キャリア濃度  $n^+$  層 3 に対する電極取出しのための孔 A が形成された。

【 0 0 1 7 】次に、試料の上全面に、一様に Ni を蒸着し、フォトリソグロフの塗布、フォトリソグラフィ工程、エッチング工程を経て、図 1 に示すように、高キャリア濃度  $n^+$  層 3 及びコンタクト層 6 2 に対する電極 8、7 を形成した。その後、上記の如く処理されたウエハを各チップに切断して、発光ダイオードチップを得た。

【 0 0 1 8 】このようにして得られた発光素子は、駆動電流 20mA で、発光ピーク波長 405nm、発光強度 2mW であった。この発光効率は 3% であった。上記の構成と同一構成の発光ダイオードの全ての層を MBE で形成した場合に比べて発光出力は  $10^4$  倍に大きくなった。

【 0 0 1 9 】このように本願発明では、結晶性が高く厚く形成する必要のある基底層を MOVPE 法で高速に形成し、膜厚の制御が要求される素子層は MBE 法で形成したことを特徴とする。よって、結晶性の高い基底層が高速で得られることから、その上の素子層の結晶性を低下させることなく素子の製造速度を向上させることができる。

【 0 0 2 0 】尚、上記実施例では、 $n$  層 4 に GaN を用いているが、 $n$  伝導型の AlGaIn を用いても良い。さらに、p 層 6 1 はなくても良い。又、発光層 5 の多重量子井戸構造の周期は任意であり、又、単量子井戸構造でも良い。井戸層、バリア層には InGaIn を用いたが  $In_xGa_yAl_{1-x-y}N$  ( $0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq x+y \leq 1$ ) 等の 3 族窒化物半導体を用いても良い。さらに、井戸層にシリコンを添加したが、他のドナー不純物でも良く、無添加でも良い。

【 0 0 2 1 】又、図 6 に示すように、バリア層 5 1 3 は無添加で、井戸層 5 2 3 にのみドナー不純物 (例えば、シリコン) とアクセプタ不純物 (例えば、亜鉛) を添加しても良い。又、図 7 に示すように、バリア層 5 1 0 は無添加で、井戸層 5 2 0 について、ドナー不純物 (例えば、シリコン) とアクセプタ不純物 (例えば、亜鉛) を交互に添加しても良い。さらに、図 8 に示すように、井戸層 5 2 1 にドナー不純物 (例えば、シリコン) を添加し、バリア層 5 1 1 にアクセプタ不純物 (例えば、亜鉛) を添加しても良いし、逆に、井戸層 5 2 1 にアクセプタ不純物を添加し、バリア層 5 1 1 にドナー不純物を添加しても良い。これらの不純物分布に関する特徴は、発光波長を変化させることができる。井戸層、バリア層は、 $n$  型でも  $p$  型でも半絶縁性でも良い。

【 0 0 2 2 】又、発光層 5 は、各層を厚くして量子井戸構造にはならない多重層としても良い。この場合も同様に、図 6 ~ 図 7 の構造が考えられる。この場合、不純物の分布のみに注目しているので、層 5 1 3 と層 5 2 3、層 5 1 0 と層 5 2 0、層 5 1 1 と層 5 2 1 を同一組成比としても良い。上記の不純物分布は、発光波長を変化させることができる。この場合も発光層 5 の各層は、 $n$

型、p型、半絶縁性であっても良い。

【0023】さらに、発光層5は図9に示すように単層にしても良い。上記実施例では、サファイア基板を用いたがSiC、MgAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>等を用いることができる。又、バッファ層にはAlNを用いたがAlGa<sub>0.5</sub>N、Ga<sub>0.5</sub>N、InAlGa<sub>0.5</sub>N等を用いることができる。さらに、基底層にはGa<sub>0.5</sub>Nを用いているが、In<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>N等の3族窒化物半導体を用いることができる。同様に、素子層にも任意組成比のIn<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>Al<sub>0.5</sub>N等の3族窒化物半導体を用いることができる。MBEで成長させるとき熱処理なしにp型化できるが、成長後に熱処理を加えても良い。

【0024】又、本発明は発光ダイオードの他、青色や紫外領域のレーザダイオード、光検出素子、その他の機能素子に応用することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の具体的な第1実施例に係る発光ダイオードの構成を示した構成図。

【図2】同実施例の発光ダイオードの製造工程を示した断面図。

【図3】同実施例の発光ダイオードの製造工程を示した

断面図。

【図4】同実施例の発光ダイオードの製造工程を示した断面図。

【図5】同実施例の発光ダイオードの製造工程を示した断面図。

【図6】発光層の他の構造を示した断面図。

【図7】発光層の他の構造を示した断面図。

【図8】発光層の他の構造を示した断面図。

【図9】他の実施例の発光ダイオードの構成を示した構成図。

#### 【符号の説明】

10…発光ダイオード

1…サファイア基板

2…バッファ層

3…高キャリア濃度n<sup>+</sup>層

4…n層

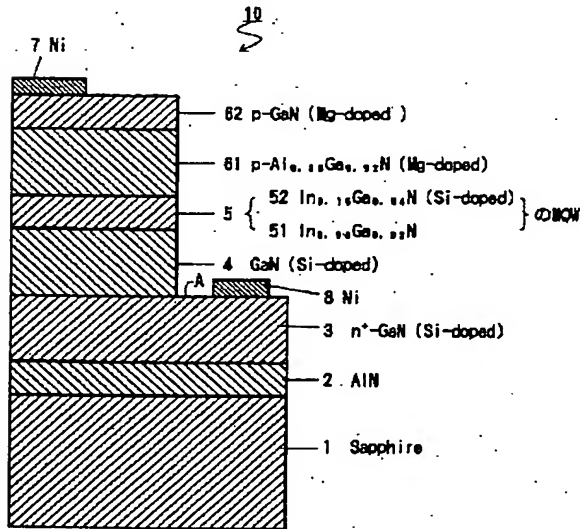
5…発光層

61…p層

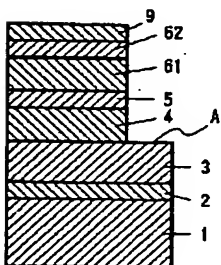
62…コンタクト層

7, 8…電極

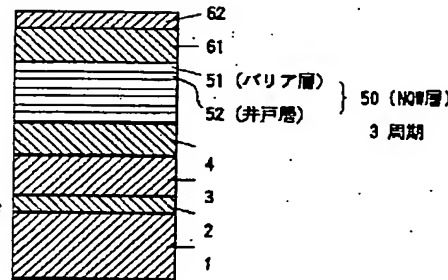
【図1】



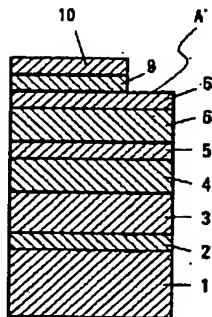
【図5】



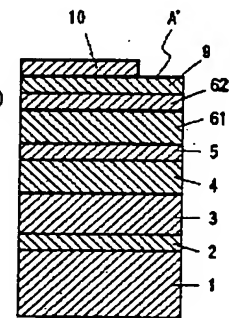
【図2】



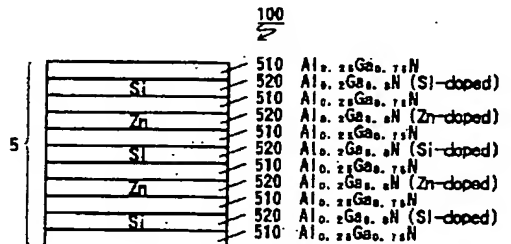
【図4】



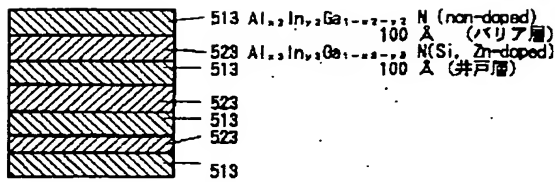
【図3】



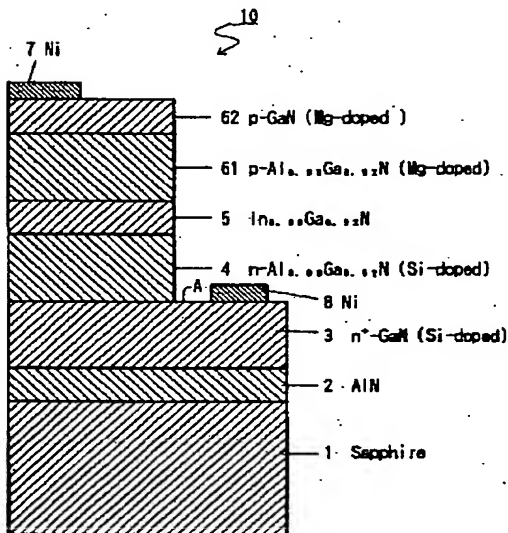
【図7】



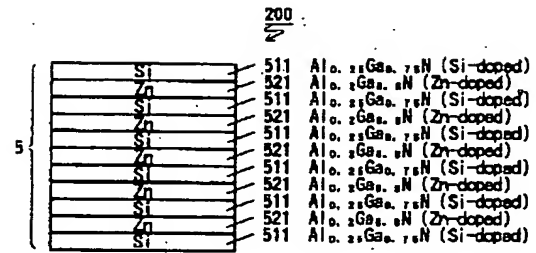
【図 6】



【図 9】



【図 8】



フロントページの続き

- (72)発明者 山崎 史郎  
愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑 1  
番地 豊田合成株式会社内
- (72)発明者 永井 誠二  
愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑 1  
番地 豊田合成株式会社内

- (72)発明者 小池 正好  
愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑 1  
番地 豊田合成株式会社内
- (72)発明者 赤崎 勇  
愛知県名古屋市西区浄心 1 丁目 1 番 38 -  
805
- (72)発明者 天野 浩  
愛知県名古屋市名東区山の手 2 丁目 104  
宝マンション山の手 508 号